ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO CAMBUÍ - PR

Marcia Regina Gomes de JESUS [1]

RESUMO

Os estudos relacionados à rede hidrográfica sempre foram muito importantes para Geomorfologia, pois os cursos d'água constituem um dos processos mais ativos na formação da paisagem terrestre. A análise morfométrica possibilita uma análise quantitativa, usando valores exatos de um conjunto de parâmetros para obter as principais características de uma área de estudo. A morfometria, aplicada em estudos de bacias hidrográficas, apresenta uma abordagem quantitativa dessas bacias, com vista a uma análise areal, linear e hipsométrica. A análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Cambuí, através das características geomorfológicas associadas ao relevo e à rede de drenagem, possibilitou a identificação das características gerais da bacia. O processo de extração das variáveis numéricas podem ser obtidas diretamente de um mapa topográfico, mas neste estudo, o processo de extração foi feito automaticamente a partir de modelos numéricos de terrenos (MNTs), usufruindo das ferramentas disponíveis em grande parte do sistemas de informações geográficas. A análise morfométrica da Bacia do Rio Cambuí foi dividida em 4 etapas. A primeira trata da ordenação ou hierarquização da rede de drenagem. A segunda etapa, a análise linear da rede de drenagem, compreende as medições efetuadas ao longo das linhas de escoamento. A análise areal da bacia hidrográfica é a terceira etapa, englobando vários índices que utilizam medições planimétricas, além das lineares. E, por fim, a análise hipsométrica que compreende a análise da distribuição altimétrica da bacia.

INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados à rede hidrográfica sempre foram muito importantes para Geomorfologia, pois os cursos d'água constituem um dos processos mais ativos na formação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A análise morfométrica possibilita uma análise quantitativa, usando valores exatos de um conjunto de parâmetros para obter as principais características de uma área de estudo. A morfometria, aplicada em estudos de bacias hidrográficas, apresenta uma abordagem quantitativa dessas bacias, com vista a uma análise areal, linear e hipsométrica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Cambuí, através das características geomorfológicas associadas ao relevo e à rede de drenagem, possibilitou a identificação das características gerais da bacia. O processo de extração das variáveis numéricas podem ser obtidas diretamente de um mapa topográfico, mas neste estudo, o processo de extração foi feito automaticamente a partir de modelos numéricos de terrenos (MNTs), usufruindo das ferramentas disponíveis em grande parte do sistemas de informações geográficas.

Segundo Christofoletti (1980), a análise morfométrica de bacias hidrográficas pode ser dividida em 4 itens. O primeiro trata da ordenação ou hierarquização da rede de drenagem. O segundo item, a análise linear da rede de drenagem, compreende as medições efetuadas ao longo das linhas de escoamento. A análise areal da bacia hidrográfica é o terceiro item, englobando vários índices que utilizam medições planimétricas, além das lineares. E, por fim, a análise hipsométrica que compreende a análise da distribuição altimétrica da bacia.

[1] Universidade Tuiuti do Paraná, Aluna de pós-graduação, marcia.jesus@utp.br.

Toda análise morfométrica inicia-se pela hierarquização dos canais fluviais. Cada linha de drenagem pode ser categorizada de acordo com sua posição (ordem ou magnitude) dentro da bacia. Esta ordenação pode ser utilizada para descrever a linha de drenagem e dividir a rede em partes que podem ser quantificadas e comparadas. Por definição, as linhas de drenagem que não possuem nenhum tributário são designadas como linhas de 1ª ordem ou 1ª magnitude. A ordem ou magnitude das demais linhas de drenagem depende do método utilizado. Neste estudo utilizou-se o método de Strahler, onde as linhas de 2ª ordem são formadas pela junção de duas linhas de 1ª ordem, as linhas de 3ª ordem são formadas pela junção de duas linhas de 2ª ordem e assim sucessivamente.

A área de estudo está inserida entre as seguintes coordenadas planas:

Coordenadas N = 7174817; 7186754.

Coordenadas E = 643291; 651291.

Vários índices podem ser definidos para descrever as propriedades lineares e de área de uma bacia hidrográfica. Alguns deles são medições diretas, como por exemplo, o comprimento do rio principal e a área da bacia. Outros índices são relações entre medidas de alguns componentes da bacia, como por exemplo, a densidade de drenagem (relação entre comprimento total dos canais de drenagem e a área da bacia) e a densidade de canais (relação entre o número de canais e a área da bacia). Alguns índices guardam certa subjetividade, como o comprimento da bacia que pode ser definido de diversas maneiras. Por fim, alguns índices resultam de combinações de outros índices, como por exemplo, o índice de rugosidade, produto da amplitude altimétrica e da densidade de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). A Figura 1 mostra a área de estudo em relação ao município.

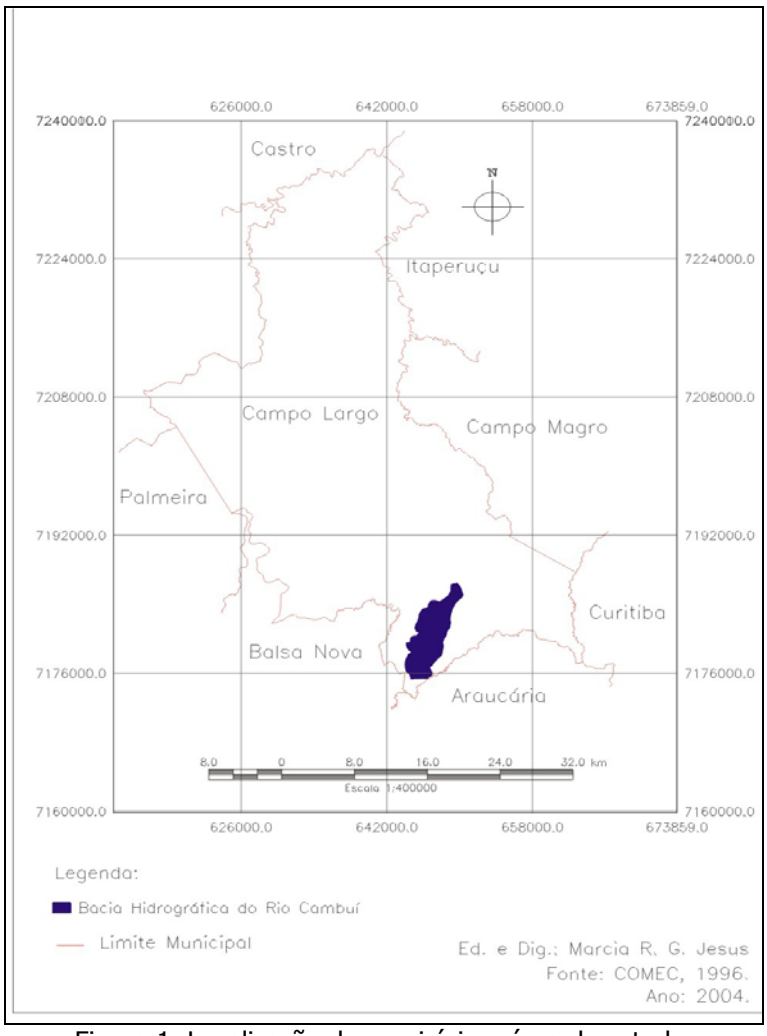

Figura 1. Localização do município e área de estudo.

MÉTODOS e TÉCNICAS

A análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Cambuí foi realizada com base em levantamentos das informações cartográficas digitais, e pela utilização da imagem de satélite Landsat – TM.

Foram extraídos dados como: ordem de canais, de acordo com o esquema de ordenação de Strahler; número de canais; perímetro total da bacia; altitude máxima, média e mínima; dimensão do perfil longitudinal total; diferença entre altitudes máxima e mínima da área drenada; diferença em metros ao longo do perfil longitudinal e área total da bacia.

Estes dados foram utilizados para o cálculo de parâmetros morfométricos tais como: densidade hidrográfica, densidade de drenagem, gradiente de canais, relação de relevo, coeficiente de manutenção, índice de circularidade e índice de sinuosidade.

As fórmulas utilizadas para o cálculo dos parâmetros morfométricos referentes à análise linear da rede hidrográfica foram:

Relação de bifurcação (Rb): $Rb = N_w/_{Nw+1}$, onde Rb é a relação de bifurcação; N_w é o número de seguimentos de determinada ordem e, N_{w+1} é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

Relação ponderada de bifurcação (Rpb): para este índice, multiplica-se o Rb de cada conjunto de duas ordens sucessivas pelo número total de canais envolvidos nessa relação. Após, divide-se a soma total dos produtos obtidos pela soma total de canais encontrados na bacia. O valor médio encontrado é a relação ponderada de bifurcação.

Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (Rlm): $Rlm = Lm_w/Lm_{w-1}$, onde Rlm é a relação entre os comprimentos médios dos canais; Lm_w é o comprimento médio dos canais de cada ordem e, Lm_{w-1} é o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.

Comprimento do rio principal: distância da foz até a nascente mais distante da mesma.

Extensão do percurso superficial (Eps): Eps = 1/2Dd, onde Eps é a extensão do percurso superficial e Dd é a densidade de drenagem.

Gradiente dos canais: G = H – h x 100/L, onde H é a altitude da nascente, h é a altitude da foz e L é a extensão do curso.

Índice de sinuosidade (Sin): $I_{sin} = L/Lt$, onde I_{sin} é o índice de sinuosidade; L é o comprimento do rio principal e, Lt é o comprimento do eixo da bacia.

Comprimento médio dos canais (Lm): Lm = Lu/Nu, onde Lm é o comprimento médio dos rios; Lu é a extensão total dos rios e Nu é o número total de rios.

As fórmulas utilizadas para o cálculo dos parâmetros morfométricos referentes à análise areal da rede hidrográfica foram:

Área da bacia (A): refere-se a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, fornecida em m^2 ou km^2, principalmente.

Forma da bacia (Ff): $Ff = A/L^2$, onde Ff é o fator forma; A é a área da bacia e L é o comprimento do eixo. Deve-se calcular também através do índice de compacidade: $K_c = P/2\pi A$, onde K_c é o índice de compacidade, P é o perímetro da bacia em km e A é a área em km^2.

Densidade de rios (Dr): neste caso aplica-se a fórmula Dr = N/A, onde Dr é a densidade de rios; N é o número de nascentes; A é a área da bacia.

Densidade de drenagem (Dd): correlaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica. Aplica-se a fórmula Dd = Lt/A, onde Dd é a densidade de drenagem; Lt o comprimento total dos canais e A a área da bacia.

Coeficiente de manutenção (Cm): Cm = 1/Dd x 1.000, onde Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é a densidade de drenagem

As fórmulas utilizadas para o cálculo dos parâmetros morfométricos referentes à análise hipsométrica da rede hidrográfica foram:

Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm): diferença altimétrica entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico.

Relação de relevo (Rr): Rr = Hm/Lb, onde Rr é a relação de relevo; Hm é a amplitude topográfica máxima e Lb é o comprimento da bacia.

Índice de rugosidade (Ir): Ir = H x Dd, onde Ir é o índice de rugosidade; H é a amplitude altimétrica e Dd é a densidade de drenagem.

Textura topográfica (Tt): Log Tt – 0,219649 + 1,115 logDd, onde Tt é a textura topográfica e Dd a densidade de drenagem.

RESULTADOS

Com o intuito de calcular os índices para a caracterização da bacia do rio Cambuí, foram obtidos os dados relacionados na Tabela 01.

Tabela 1. Características físicas da bacia do rio Cambuí.

Dados Obtidos	Bacia
Perímetro	30,181 km
Área de drenagem	32,9 km^2
Eixo da bacia	12,2 km
Comprimento do canal principal	14,915 km
Comprimento médio dos canais	0,934 km
Densidade de drenagem	1,64 km^3
Densidade de rios	1,21
Extensão percurso superficial	0,82
Índice de sinuosidade	1,22
Relação de relevo	9,18
Índice de rugosidade	68,29
Coeficiente de manutenção	609,75
Textura topográfica	2,79
Fator forma	0,22
Índice de compacidade	0,146
Altitude máxima	986 m
Altitude mínima	874 m
Amplitude altimétrica	112 m
Comprimento total dos canais	54,215 km
Número de canais	58
Gradiente canal principal	0,72%
Gradiente canais margem direita	0,70%
Gradiente canais margem esquerda	0,44%
Ordem da bacia	4
Relação ponderada de bifurcação	0,98

Ordem	Número de segmentos	Relação de bifurcação	Comprimento médio dos canais	Relação ponderada de bifurcação	Relação entre comprimento médio dos canais
1ª	40	-	0,70 km	-	0,64
2ª	15	2,66	1,09 km	39,9	0,72
3ª	2	7,5	1,51 km	15	0,22
4ª	1	2,0	6,653 km	2,0	-

Na análise do comportamento da Bacia do Rio Cambuí, verificou-se uma hierarquia fluvial de 4ª ordem (Figura 2). Este parâmetro relaciona-se proporcionalmente à área da bacia.

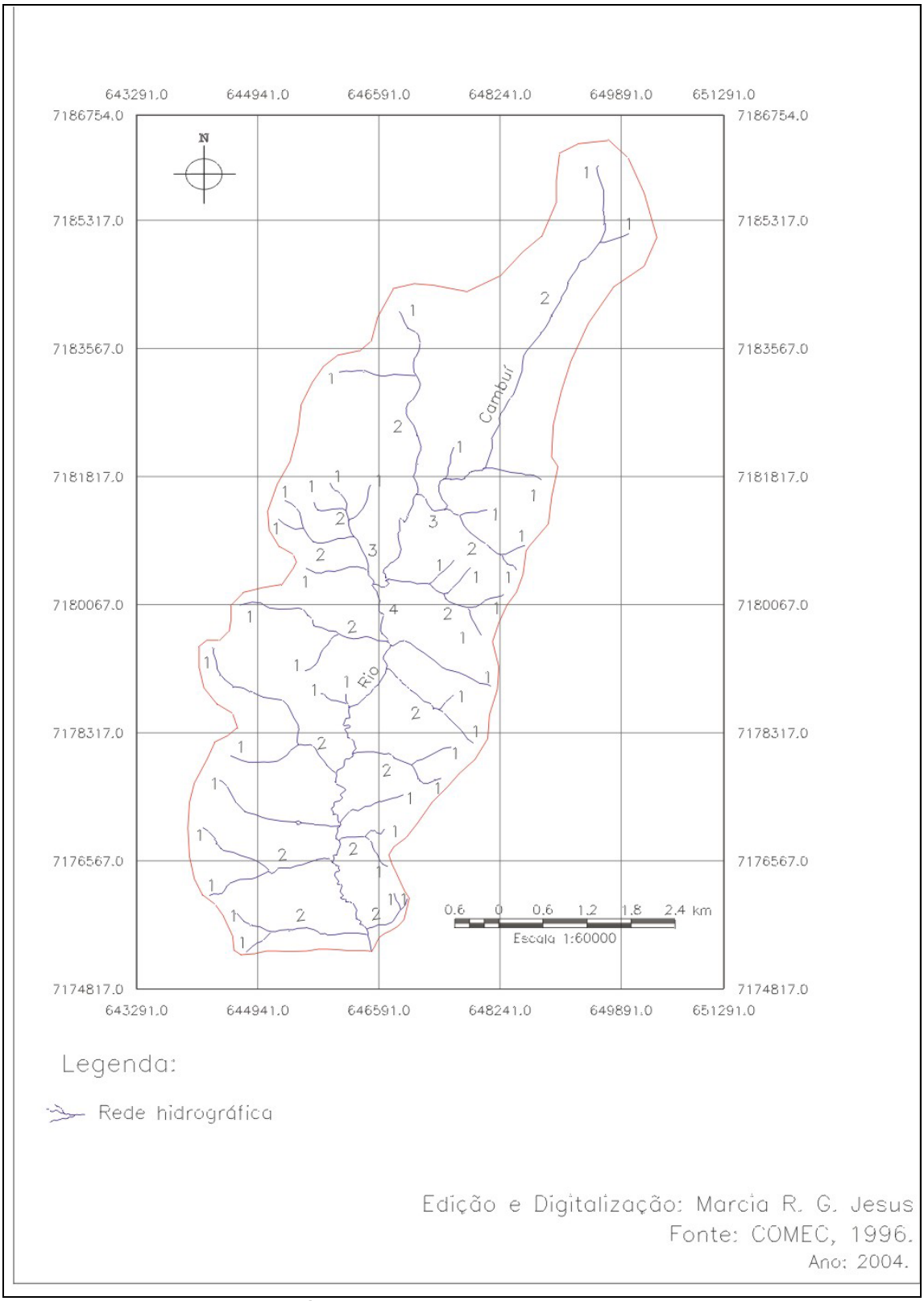

Figura 2. Aplicação do método de Strahler para a ordenação da rede de drenagem.

Os valores dos parâmetros calculados para a análise morfométrica referentes à análise linear da bacia do rio Cambuí indicam que: a bacia é fortemente influenciada pelo controle geológico. Isto é evidenciado pela discrepância no resultado apresentado da relação de bifurcação para a 3ª ordem em relação com a 2ª e 4ª ordem. Este resultado indica que a rede de drenagem da bacia do rio Cambuí é controlada principalmente pelos canais de 3ª

ordem. Por isso, acredita-se que o rio Cambuí esteja encaixado em falha rochosa, o que significa ligação deste com o lençol subterrâneo profundo. Isto explica o fato de o rio apresentar um padrão de drenagem subparalelo, predominante em terrenos cristalinos, submetidos a forte controle estrutural, como falhas, fraturas e alinhamentos de foliação. Assim, a região de nascentes e os cursos d'água que compõem a bacia do rio Cambuí em geral, representam prováveis zonas de recarga de aqüíferos – reservas importantes qualitativa e quantitativamente de água subterrânea em níveis profundos.

O grau de inclinação do rio Cambuí, representado pelo resultado do gradiente do canal principal (0,72%), indica a baixa declividade da bacia. Assim, o gradiente é mais suave, a velocidade da água torna-se menor, e a erosão também é menor. Pode-se chegar a esta mesma conclusão relacionando a amplitude altimétrica com o eixo da bacia.

O resultado para o índice de sinuosidade (1,22) indica que os rios tendem a ser retilíneos. Valores superiores a 2,0 é indicativo de canais sinuosos, com grande capacidade de acúmulo de sedimentos. O rio Cambuí apresenta em alguns trechos, acúmulo de sedimentos e processos erosivos, ocasionados pela ação antrópica.

Valores dos parâmetros calculados para a análise morfométrica referentes à análise areal da bacia do rio Cambuí: o fator forma (0,22) apresentou um valor próximo a 0, indicando que a bacia possui forma alongada, com baixa propensão à ocorrência de cheias momentâneas. Valores próximos a 1 indicam o contrário. A densidade de drenagem representa o grau de dissecação topográfica. Os parâmetros para a interpretação deste indicador são: valores abaixo de 0,50 representa baixa Dd; valores entre 0,50 e 1,0 representam média baixa Dd; valores que variam de 1,10 a 2,0 representam média Dd; valores que variam de 2,10 a 2,50 representam média alta Dd e valores maiores que 2,50 representam alta Dd. A bacia do rio Cambuí apresentou uma densidade de drenagem igual a 1,64 km^3, que representa um equilíbrio entre infiltração e escoamento superficial. Este fator pode ser perfeitamente relacionado à densidade de rios. Na região da nascente do rio Cambuí, o número de canais de 1ª ordem são poucos, devido à predominância do latossolo que, além de possuir um teor elevado de argila, é poroso, e consequentemente, apresenta maior grau de infiltração, ao contrário do restante da bacia, onde a quantidade de nascentes é maior. Vale ressaltar também que a declividade dos canais da bacia do rio Cambuí é baixa, principalmente nas áreas de planície, fator este que pode facilitar a infiltração.

Valores dos parâmetros calculados para a análise morfométrica referentes à análise hipsométrica da bacia do rio Cambuí: a variação de altitude é de apenas 112 m. Relacionando este resultado com os valores para o gradiente de canais (0,70%) e eixo da bacia (12,2 km), conclui-se que a bacia do rio Cambuí possui baixa propensão à erosão natural.

O índice de rugosidade (68,29) para a bacia do rio Cambuí é baixo, indicando vertentes curtas confirmando o fato da baixa probabilidade de ocorrer cheias relâmpagos[2].

REFERÊNCIAS

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980, 188 p.

FERRETTI, E. R. Hidrogeografia. Aulas ministradas na UTP. Curitiba, 2004.

SOUZA, J. L. Geoprocessamento e análise geográfica. Aulas ministradas na UTP, Curitiba, 2004.

[2] Análise morfométrica realizada com base nas aulas de Hidrogeografia ministradas pela Prof ª Drª FERRETTI, E. R.